



<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-174-179>  
УДК 616.12–008.314–053.2–089.843–031:[616.124.2+616.124.7]–06

## Осложнения постоянной электрокардиостимуляции у детей в зависимости от способа имплантации

Е.О. Картофелева, И.В. Плотникова, Л.И. Свинцова, О.Ю. Джаффарова,  
Ю.Е. Перевозникова

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук,  
634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

### Аннотация

**Обоснование.** В настоящее время электрокардиостимуляция является единственным вариантом лечения жизнеопасных брадиаритмий. Учитывая наличие специфических факторов, характерных для пациентов детского возраста, специалисты, работающие в этой области, должны обладать высоким профессионализмом.

**Цель:** представить опыт электрокардиостимуляции у детей и ретроспективный анализ осложнений этого вида лечения среди детей и подростков в Научно-исследовательском институте кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра.

**Материал и методы.** Проведен анализ осложнений электрокардиостимуляции у детей со структурно-нормальным сердцем и у детей с врожденными пороками сердца в период с 1999 по 2021 гг. В исследование были включены 256 пациентов в возрасте от 1 мес. до 18 лет. Эпикардальная имплантация электрокардиостимулятора (ЭКС) была выполнена 173 пациентам, эндокардиальная ЭКС – 83 пациентам. Среднее время от первичной имплантации до возникновения осложнений –  $2,1 \pm 2,7$  лет.

**Результаты.** Гемодинамические осложнения являются наиболее распространенными осложнениями среди пациентов с эпикардальной и эндокардиальной системой электрокардиостимуляции. При эпикардальной системе это связано с развитием внутривентрикулярной диссинхронии вследствие стимуляции области боковой стенки или выходного отдела правого желудочка (ПЖ). У пациентов с эндокардиальной стимуляцией гемодинамические осложнения ассоциированы с развитием пейсмейкер-индуцированной кардиомиопатии вследствие длительной стимуляции верхушки ПЖ и с появлением трикуспидальной регургитации. Реже встречались такие осложнения, как бактериальный эндокардит, инфицирование стимулятора и его ложа, гемоперикард, окклюзия подключичной вены, перикардит, дислокация ЭКС и нарушение целостности электродов. Выявлено два случая сердечной странгуляции.

**Заключение.** Ни эпикардальный, ни эндокардиальный способы имплантации ЭКС не гарантируют отсутствия осложнений. Имплантация электрода на верхушку левого желудочка (ЛЖ) (эпикардальная стимуляция) и в области пучка Гиса (эндокардиальная стимуляция) дает возможность предотвратить развитие гемодинамических осложнений. Применение первичной эпикардальной системы электрокардиостимуляции позволяет сохранить вены для эндокардиальной стимуляции в более старшем возрасте.

<b>Ключевые слова:</b>	электрокардиостимуляция, эндокардиальная и эпикардальная имплантация электродов, осложнения, дети.
<b>Конфликт интересов:</b>	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
<b>Прозрачность финансовой деятельности:</b>	авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
<b>Соответствие принципам этики:</b>	исследование одобрено этическим комитетом НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 163 от 08.11.2017). До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.
<b>Для цитирования:</b>	Картофелева Е.О., Плотникова И.В., Свинцова Л.И., Джаффарова О.Ю., Перевозникова Ю.Е. Осложнения постоянной электрокардиостимуляции у детей в зависимости от способа имплантации. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2023;38(2):174–179. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-174-179">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-174-179</a> .

# Complications of permanent pacing in children depending on the method of implantation

Elena O. Kartofeleva, Irina V. Plotnikova, Liliya I. Svintsova,  
Olga Yu. Dzhaffarova, Yulyana E. Perevoznikova

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, 111A, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

## Abstract

**Background.** Currently pacing is the only treatment option for life-threatening bradyarrhythmias. Considering the specific factors of pediatric patients, specialists in this field should be highly professional.

**Aim:** To present the experience and retrospective analysis of complications of permanent pacing in children and adolescents from Tomsk National Research Medical Center.

**Material and Methods.** Complications of permanent pacing in children with structurally normal heart and children with congenital heart defects were analyzed. The follow-up was from 1999 to 2021 years. 256 patients aged from 1 month to 18 years participated in the study. Epicardial pacemaker was implanted in 173 children, endocardial – in 83 patients. Average time from primary implantation to complications was  $2.1 \pm 2.7$  years.

**Results.** Hemodynamic complications are the most common among patients with epicardial and endocardial permanent pacing. Hemodynamic complications with epicardial permanent pacing are associated with intraventricular dissynchrony due to stimulation in the area of the lateral wall or the right ventricular outflow tract. In patients with endocardial permanent pacing hemodynamic complications are associated with the development of pacemaker-induced cardiomyopathy due to permanent pacing of the right ventricle apex and tricuspid regurgitation. Complications such as bacterial endocarditis, infection of the pacemaker and its bed, hemopericardium, subclavian vein occlusion, pericarditis, pacemaker dislocation and lead fracture were less common. Two cases of cardiac strangulation were detected.

**Conclusion.** Neither epicardial nor endocardial pacemaker implantation guarantee the absence of complications. Implantation of the electrode on the apex of the left ventricle (epicardial pacemaker system), in the area of the His bundle (endocardial pacemaker system), prevents the development of hemodynamic complications. The most rational is the use of a primary epicardial pacemaker system. Such approach allows the veins to be preserved for endocardial stimulation at an older age.

<b>Keywords:</b>	pacing, endocardial and epicardial implantation of electrodes, complications, children.
<b>Conflict of interest:</b>	the authors do not declare a conflict of interest.
<b>Financial disclosure:</b>	the authors have no financial interest in the submitted materials.
<b>Adherence to ethical standards:</b>	the study was approved by the Ethics Committee of Research Institute, Tomsk NRMC (protocol No. 163 from 08.11.2017). All patients gave their written informed consent before the study.
<b>For citation:</b>	Kartofeleva E.O., Plotnikova I.V., Svintsova L.I., Dzhaffarova O.Yu., Perevoznikova Y.E. Complications of permanent pacing in children depending on the method of implantation. <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2023;38(2):174–179. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-174-179">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-174-179</a> .

## Введение

В настоящее время электрокардиостимуляция является единственным вариантом лечения жизнеопасных брадиаритмий, таких как атриовентрикулярная блокада, синдром слабости синусового узла и бинодальная патология. По происхождению данные нарушения ритма могут быть врожденными, идиопатическими либо развиваются как осложнения после хирургической коррекции врожденного порока сердца.

При принятии решения о выборе оптимальной системы электрокардиостимулятора (ЭКС) должны быть рассмотрены показания к постоянной стимуляции, преимущества и недостатки различных режимов стимуляции и способов имплантации систем ЭКС, а также риски возможных осложнений, развивающихся на фоне постоян-

ной электрокардиостимуляции. Кроме того, необходимо учитывать такие факторы, определяющие специфику имплантации системы ЭКС в детском возрасте, как антропометрические данные ребенка и соответствие их размерам стимулятора и электродов, интенсивное физическое развитие и высокий уровень активности ребенка, необходимость длительной кардиостимуляции [1].

На сегодняшний день многие специалисты используют показания к имплантации ЭКС у детей, которые были обобщены и опубликованы в обзоре рабочей группы Европейской ассоциации аритмологов и Ассоциации европейских детских кардиологов в 2013 г. [2]. В данном обзоре указано, что детям до достижения веса 10 кг рекомендуется имплантация систем с использованием только эпикардиальных электродов, пациентам с массой тела более 10 кг следует применять преимущественно

эндокардиальные (трансвенозные) системы. Показания к имплантации ЭКС меняются по мере поступления новых сведений об эффективности и безопасности постоянной электрокардиостимуляции и по мере усовершенствования медицинских технологий. Однако большинство рекомендаций для детей, нуждающихся в постоянной кардиостимуляции, имеют невысокий уровень доказательности, так как не подтверждены проспективными исследованиями и основываются только на мнении экспертов.

Цель данной публикации: представить опыт электрокардиостимуляции у детей и ретроспективный анализ осложнений этого вида лечения среди детей и подростков в НИИ кардиологии Томского НИМЦ.

## Материал и методы

Проведен анализ осложнений электрокардиостимуляции у детей со структурно-нормальным сердцем и у детей с врожденными пороками сердца. Период наблюдения – с 1999 по 2021 гг. В исследование были включены 256 пациентов в возрасте от 1 мес. до 18 лет, из них в группе детей со структурно-нормальным сердцем – 131 человек, врожденный порок сердца имели 125 человек. Средний возраст на момент первичной имплантации составлял  $6,1 \pm 5,7$  лет. 159 пациентам имплантация ЭКС потребовалась в связи с полной атриовентрикулярной блокадой, 51 пациенту – с синдромом слабости синусового узла, 17 пациентам – с бинодальной болезнью. Эпикардиальная имплантация ЭКС была выполнена 173 детям, эндокардиальная – 83 пациентам. Среднее время от первичной имплантации до возникновения осложнений –  $2,1 \pm 2,7$  лет.

При поступлении пациентам проводилось общеклиническое обследование: сбор жалоб и анамнеза, объективное обследование, лабораторные исследования (общие клинические анализы, биохимический анализ крови и коагулограмма), электрокардиограмма (ЭКГ) в 12 отведениях, суточное мониторирование ЭКГ (СМ ЭКГ), эхокардиография (ЭхоКГ), рентгенография органов грудной клетки. Большинство пациентов (91%) была выполнена первичная имплантация ЭКС. В послеоперационном периоде повторно проведены ЭКГ, ЭхоКГ, СМ ЭКГ, рентгенография органов грудной клетки в двух проекциях. Кроме того, проводился контроль параметров ЭКС в течение 5–7 дней после имплантации.

## Результаты

У 34 (19%) пациентов с эпикардиальным способом имплантации ЭКС и у 28 (23%) пациентов с эндокардиальным ЭКС в послеоперационном периоде были выявлены различные осложнения.

При эпикардиальном способе имплантации наиболее часто осложнения (20 пациентов) были связаны с развитием гемодинамических изменений в виде признаков пейсмейкер-индуцированной кардиомиопатии. Данное осложнение обусловлено стимуляцией свободной стенки правого желудочка (ПЖ) с последующим развитием электрической и механической диссинхронии и дисфункции левого желудочка (ЛЖ). Среди тех пациентов, которым была проведена первичная имплантация эпикардиального электрода в области верхушки ЛЖ, признаков пейсмейкер-индуцированной кардиомиопатии зарегистрировано не было [1].

У троих пациентов осложнения были выявлены в раннем послеоперационном периоде. Так, у двух пациентов

диагностирован перикардит, у одного пациента – гемоперикард. У 11 пациентов осложнения связаны с дислокацией ЭКС и электродов либо нарушением их целостности. В частности, выявлено два случая сердечной странгуляции: у одного пациента (рис. 1а, б) ЭКС имплантирован в возрасте 1,5 мес. по причине полной атриовентрикулярной блокады после хирургической коррекции врожденного порока сердца, другому пациенту ЭКС имплантирован в возрасте 1 года в связи с врожденной атриовентрикулярной блокадой.

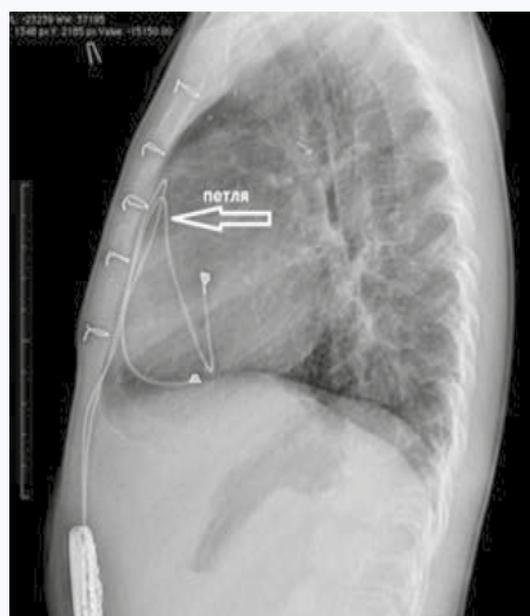


Рис. 1а. Рентгенограмма органов грудной клетки в боковой проекции (предсердный электрод делает петлю вокруг левого желудочка)  
Fig. 1a. Lateral view of the X-ray (The pacemaker lead was completely wrapped around the left ventricle)

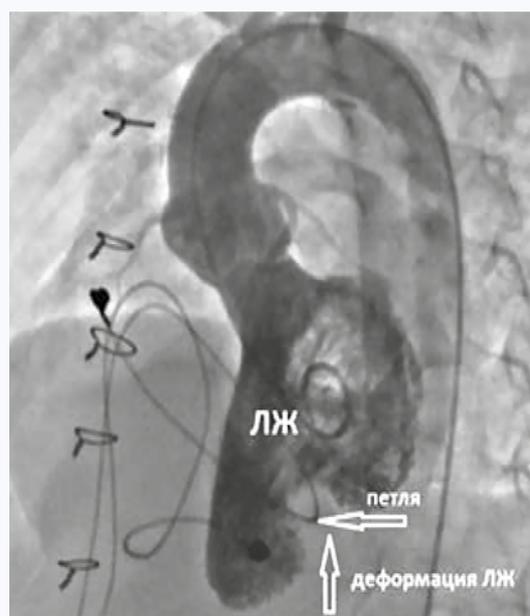


Рис. 1б. Вентрикулография. Деформация контура левого желудочка в проекции верхушки  
Fig. 1b. Ventriculography. Deformation of left ventricular contour in the apex view

При эндокардиальном способе стимуляции большинство осложнений также связано с нарушением гемодинамики (17 пациентов). В данной группе детей развитие пейсмейкер-индуцированной кардиомиопатии с увеличением ЛЖ и снижением его сократительной функции диагностировано у 6 пациентов (7%). У 11 пациентов (14%) гемодинамические осложнения связаны с развитием недостаточности трикуспидального клапана (ТК) и увеличением правых отделов сердца. Среди других осложнений в группе пациентов с эндокардиальной стимуляцией в раннем послеоперационном периоде у трех пациентов был диагностирован гемоперикард, ассоциированный с

перфорацией правого предсердия, и у одного пациента – перикардит. У одного пациента спустя 10 лет после первичной имплантации ЭКС был выявлен инфекционный эндокардит (рис. 2).

Данному пациенту проведена повторная операция, включающая деимплантацию всей эндокардиальной системы, пластику ТК, последующую имплантацию эпикардиальной системы ЭКС. Кроме того, отдаленные послеоперационные осложнения эндокардиальной стимуляции отмечены еще у двух пациентов: в одном случае – окклюзия подключичной вены, в другом – инфицирование ложа ЭКС.

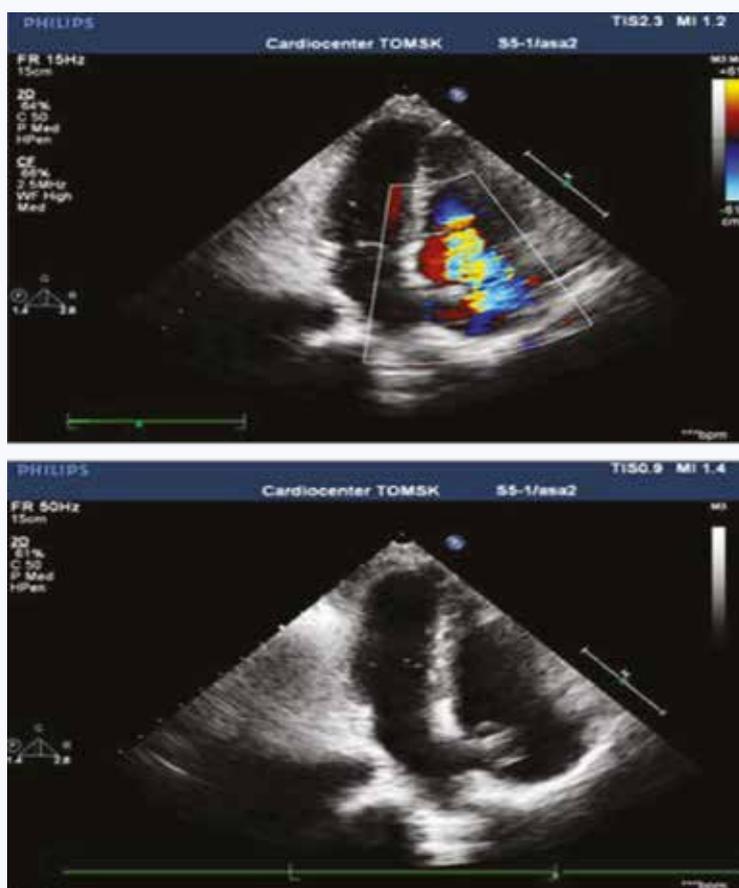


Рис. 2. Эхокардиография. Электрод в правом предсердии и правом желудочке. На электроде в правом предсердии мягкое «кольцевидное» подвижное наложение (тромб). Регургитация на трикуспидальном клапане 3-й степени  
Fig. 2. Echocardiography. The lead is in right atrium and right ventricle. There is a soft "ring-shaped" movable overlay on the lead in the right atrium (thrombus)

## Обсуждение

В настоящее время выбор способа электрокардиостимуляции в детской практике остается одним из спорных и нерешенных вопросов, так как каждый метод имеет свои преимущества и недостатки.

В группе пациентов с эпикардиальной системой стимуляции наиболее часто наблюдаются механические осложнения. Среди механических осложнений сердечная странгуляция является редким, но очень серьезным осложнением, ограниченным педиатрической популяцией.

Сердечная странгуляция, обусловленная дислокацией петли электрода на фоне роста ребенка, может закончиться летальным исходом. Поэтому особо пристальное внимание, включающее регулярное проведение объективного осмотра, ЭКГ, ЭхоКГ, рентгенографии органов грудной клетки в двух проекциях, следует уделять детям, которым имплантация эпикардиальной системы ЭКС выполнялась в возрасте до 6 мес. [3].

Для пациентов с эндокардиальной системой стимуляции характерно развитие таких осложнений, как

нарушение изоляции и дислокация электродов, перфорация стенок сердца электродами, развитие недостаточности ТК и бактериального эндокардита. Нарастание степени регургитации ТК связано как с избыточными петлями электродов, что необходимо в связи с активным физическим развитием пациента, так и с количеством электродов, проходящих через его отверстие, которое вследствие трансвенных реимплантаций в течение жизни пациента увеличивается. Кроме того, эндокардиальные системы ЭКС имеют высокий риск развития венозной окклюзии и венозного тромбоза у детей, что может привести к невозможности повторного применения венозного доступа в будущем и к более сложному ведению пациента. Осложнения, связанные с инфицированием имплантированных устройств, по данным разных авторов, составляют от 1 до 19% [1]. Однако развитие данного осложнения требует полного удаления инфицированных электродов и батареи ЭКС.

При эпикардиальной системе стимуляции наиболее предпочтительной точкой стимуляции желудочка является верхушка и боковая стенка ЛЖ, тогда как стимуляция выходного отдела ПЖ и его боковой стенки связана с высоким риском развития диссинхронической пейсмейкер-индуцированной кардиомиопатии [4]. При эндокардиальном расположении желудочкового электрода у детей самой частой зоной стимуляции является верхушка

ПЖ, что может привести к ятрогенной блокаде ветвей пучка Гиса и развитию в дальнейшем пейсмейкер-индуцированной кардиомиопатии. Расположение желудочкового электрода в области пучка Гиса является перспективным методом решения данной проблемы. Данная методика в настоящее время набирает популярность у взрослых пациентов, однако опыт применения ее у детей ограничен [5].

## Заключение

В настоящее время одними из нерешенных вопросов детской кардиологии являются выбор способа имплантации ЭКС и предотвращение осложнений, обусловленных постоянной стимуляцией. При принятии решения о необходимости постоянного искусственного водителя ритма у детей следует помнить, что ни эпикардиальный, ни эндокардиальный способы имплантации ЭКС не гарантируют отсутствия осложнений. Такие пациенты нуждаются в тщательном динамическом наблюдении.

Согласно исследованиям последних лет и нашему опыту, наиболее рациональным является применение первичной эпикардиальной системы ЭКС, что позволяет сохранить вены для эндокардиальной стимуляции в более старшем возрасте. Выбор оптимальной зоны стимуляции позволяет предотвратить развитие гемодинамических осложнений.

## Литература / References

1. Джаффарова О.Ю., Свинцова Л.И., Плотникова И.В., Дамбаев Б.Н., Картофелева Е.О. Постоянная электрокардиостимуляция у детей: результаты многолетнего наблюдения, анализ осложнений. Вестник аритмологии. 2022;29(1):32–38. [Dzhaffarova O.Yu., Svinцова L.I., Plotnikova I.V., Dambaev B.N., Kartofeleva E.O. Permanent pacing in children: results of follow-up, assessment of complications. *Journal of Arrhythmology*. 2022;29(1):32–38. (In Russ.)]. DOI: 10.35336/VA-2022-1-05.
2. Brugada J., Blom N., Sarquella-Brugada G., Blomstrom-Lundqvist C., Deanfield J., Janousek J. et al. Pharmacological and non-pharmacological therapy for arrhythmias in the pediatric population: EHRA and AEPSC-Arrhythmia Working Group joint consensus statement. *Europace*. 2013;15(9):1337–1382. DOI: 10.1093/europace/eut082.
3. Takeuchi D., Tomizawa Y. Cardiac strangulation from epicardial pacemaker leads: diagnosis, treatment, and prevention. *Gen. Thorac. Cardiovasc Surg*. 2015;63(1):22–29. DOI: 10.1007/s11748-014-0483-x.
4. Janoušek J., van Geldorp I.E., Krupičková S., Rosenthal E., Nugent K., Tomaske M. et al. Permanent cardiac pacing in children: choosing the optimal pacing site: a multicenter study [published correction appears in *Circulation*. 2013;127(15):e550]. *Circulation*. 2013;127(5):613–623. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.115428.
5. Lyon S., Dandamudi G., Kean A.C. Permanent his-bundle pacing in pediatric and congenital heart disease. *J. Innov. Card. Rhythm Manag*. 2020;11(2):4005–4012. DOI: 10.19102/icrm.2020.110205.

## Информация о вкладе авторов

Картофелева Е.О. – разработка концепции и дизайна рукописи, внесла вклад в доработку исходного варианта рукописи, окончательное утверждение для публикации.

Плотникова И.В. – разработка концепции и дизайна рукописи, внесла вклад в доработку исходного варианта рукописи.

Свинцова Л.И. – разработка концепции статьи, написание первой версии рукописи.

Джаффарова О.Ю. – разработка концепции и дизайна рукописи, написание первой версии рукописи.

Перевозникова Ю.Е. – анализ литературы, написание первой версии рукописи.

## Information on author contributions

Kartofeleva E.O. – development of article concept, contribution to the original version of the article, and approval of final text for publication.

Plotnikova I.V. – development of the article concept and design, contribution to the original version of the article.

Svinцова L.I. – development of the article concept and writing the first version of the manuscript.

Dzhaffarova O.Yu. – development of the article concept and design, writing the first version of the manuscript.

Perevoznikova Yu.E. – literature analysis and writing the first version of the manuscript.

## Сведения об авторах

**Картофелева Елена Олеговна**, младший научный сотрудник, отделение детской кардиологии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-2469-8098.

E-mail: [keo@cardio-tomsk.ru](mailto:keo@cardio-tomsk.ru).

**Плотникова Ирина Владимировна**, д-р мед. наук, заведующий отделением детской кардиологии, Научно-исследовательский институт

## Information about the authors

**Elena O. Kartofeleva**, Junior Research Scientist, Pediatric Cardiology Department, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0003-2469-8098.

E-mail: [keo@cardio-tomsk.ru](mailto:keo@cardio-tomsk.ru).

**Irina V. Plotnikova**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Pediatric Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical

кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-4823-4378.

E-mail: [ivp@cardio-tomsk.ru](mailto:ivp@cardio-tomsk.ru).

**Свинцова Лилия Ивановна**, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, отделение детской кардиологии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-2056-4060.

E-mail: [lis@cardio-tomsk.ru](mailto:lis@cardio-tomsk.ru).

**Джаффарова Ольга Юрьевна**, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, отделение детской кардиологии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-3947-4903.

E-mail: [oyd@cardio-tomsk.ru](mailto:oyd@cardio-tomsk.ru).

**Перевозникова Юлия Евгеньевна**, младший научный сотрудник, отделение детской кардиологии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-5352-1323.

E-mail: [muser-yuliana@yandex.ru](mailto:muser-yuliana@yandex.ru).

 **Картофелева Елена Олеговна**, e-mail: [keo@cardio-tomsk.ru](mailto:keo@cardio-tomsk.ru).

Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0003-4823-4378.

E-mail: [ivp@cardio-tomsk.ru](mailto:ivp@cardio-tomsk.ru).

**Liliya I. Svintsova**, Dr. Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Department of Pediatric Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0002-2056-4060.

E-mail: [lis@cardio-tomsk.ru](mailto:lis@cardio-tomsk.ru).

**Olga Yu. Dzhaffarova**, Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Pediatric Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0002-3947-4903.

E-mail: [oyd@cardio-tomsk.ru](mailto:oyd@cardio-tomsk.ru).

**Yulyana E. Perevoznikova**, Junior Research Scientist, Department of Pediatric Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0002-5352-1323.

E-mail: [muser-yuliana@yandex.ru](mailto:muser-yuliana@yandex.ru).

 **Elena O. Kartofeleva**, e-mail: [keo@cardio-tomsk.ru](mailto:keo@cardio-tomsk.ru).

Поступила 19.09.2022

Received September 19, 2022